

ARGOS UN REACTOR A LA DIAGONAL

Seminari Osona, 15 de febrer de 2005 ¹

Francesc X. Barca Salom
Universitat Politècnica de Catalunya

Agraïixo aquestes immerescudes paraules de Pasqual Bernat que evidentment són fruit de l'amistat que ens uneix i dels estrets lligams que tenim amb la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, de la que en som, tots dos, socis fundadors. Moltes gràcies també a les institucions vigatanes que han fet possible aquest acte i tots vostès per la seva paciència en suportar aquesta xerrada que he titulat de forma sensacionalista *Argos, un reactor a la Diagonal* i que espero que no sigui massa avorrida.

La descoberta de la fissió va commocionar el món científic ja que va aparèixer a Europa en un moment molt delicat des del punt de vista polític. A primers de setembre del 1939 s'havia declarat la Segona Guerra Mundial i els físics eren conscients de la importància que aquesta troballa podia tenir si era aplicada en la fabricació d'armament. Alguns, com Leo Szilard, proposaven mantenir en secret els resultats de les recerques i, juntament amb Einstein, que com molts altres científics havia fugit als Estats Units, van enviar una carta al president Roosevelt per descriure-li els seus temors que Hitler pogués aprofitar aquestes recerques per fabricar armes nuclears.

La creença que els alemanys treballaven en la fissió va apressar els americans a iniciar el projecte Manhattan, que tenia com a objectiu la fabricació de bombes atòmiques. En aquesta línia es van iniciar els estudis sobre els possibles mètodes físics per separar l'isòtop U^{235} del U^{238} , amb el convenciment que la reacció en cadena seria més eficient i l'arma més petita. Es van assajar diversos procediments: la centrifugació, la difusió tèrmica, la difusió gasosa i la separació electromagnètica. Tots molt difícils i incerts. D'altra banda, la descoberta del plutoni feta per Glenn Seaborg el 1940 i la comprovació que podia fissionar-se més ràpidament que l'urani van centrar l'atenció en una altra possible via consistent a produir aquest element en reactors nuclears i, després, extraure'l per mitjà d'un procediment més fàcil que els emprats en la separació de l'urani, la separació química dels residus produïts.

L'atac dels japonesos a Pearl Harbour a finals del 1941 va tenir com a conseqüència un impuls gran en el programa nuclear. L'any següent, el 2 de desembre de 1942, Enrico Fermi, que treballava en el Laboratori Metal·lúrgic de Chicago, va obtenir per primer cop una reacció

¹ Conferència pronunciada a l'Associació Astronòmica d'Osona dins del cicle Seminari d'Osona organitzat per la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica filial de l'Institut d'Estudis Catalans.

en cadena autosostinguda sota les grades del camp de futbol de Stags Field. Des de llavors el procés fou imparabile.

El general Groves, que dirigia el projecte Manhattan, va fer aixecar a Oak Ridge (Tennessee) una planta de separació electromagnètica (Y-12) i una altra de gegant de difusió gasosa (K-25), les quals no van començar a produir U^{235} fins a finals del 1944.

Com que l'enriquiment de l'urani era incert es van construir uns reactors d'urani natural refrigerats per aigua a Hanford (Washington) per a la producció del plutoni. La construcció es va iniciar el 1943, però a causa de problemes diversos la separació d'aquest element no es va poder començar fins al principi del 1945. Paral·lelament, a Los Alamos es va construir un centre de recerca aïllat del món amb l'objectiu de dissenyar les armes nuclears. Allí es va tornar a confirmar la reacció en cadena, es va determinar la quantitat d'urani i plutoni necessària per fer la massa crítica i es va dissenyar la geometria de les armes amb la solució de diversos problemes tècnics.

L'urani enriquit produït a Oak Ridge i el plutoni obtingut a Handford van ser enviats ràpidament a Los Alamos, i el 4 de juliol de 1945 es va fer una prova amb una bomba de plutoni al sud d'Alamogordo. Una setmana després la bombes estaven llestes per al llançament. Hiroshima i Nagashaki van ser els seus objectius.

La política nuclear espanyola es va iniciar, poc després de l'esclat de les bombes d'Hiroshima i Nagashaki, en el camp de la mineria. Així doncs, les primeres accions del govern estaven relacionades amb les mines d'urani. En aquest sentit, a l'octubre de 1945, el Ministeri d'Indústria va establir la reserva a favor de l'Estat de tots els jaciments d'urani de catorze províncies. I, uns mesos abans, l'Institut Geològic i Miner havia creat una comissió per estudiar els jaciments d'urani a Espanya i, a proposta de l'Associació d'Enginyers de Mines, va organitzar des de finals de 1945 un cicle de conferències a l'Institut d'Enginyers Civils de Madrid sobre aquesta temàtica on es posava de manifest l'existència de jaciments a Serra d'Albarrana (Còrdova) a Montánchez i Monasterio (Badajoz).

També fou la mineria l'ocasionadora de l'anècdota que se cita com la desencadenant del projecte de recerca nuclear espanyol. A l'abril de 1948, el professor italià Francesco Scandone, que era director de la casa Galileo de Milà que fabricava instruments científics d'òptica i a més era assessor del Centro de Informazioni, Studii ed Esperience (CISE) de la Universitat de Florència, després de pronunciar una conferència, a Madrid a l'Institut Daza de Valdés d'Òptica del Consell Superior d'Investigacions Científiques, (CSIC) titulada "*filtros interferenciales antireflectores y microscopia de fase*", va manifestar interès sobre els jaciments d'urani espanyols. Armando Durán, que era catedràtic de física de la Universitat de Madrid i que estava

en la xerrada va posar-lo en contacte amb el general Vigón. Sembla que Scandone havia vingut a Espanya amb el pretext de tractar alguns afers sobre òptica i que un cop aquí havia aconseguit pronunciar la conferència al CSIC, però que el seu propòsit era establir contactes amb les autoritats espanyoles per tal de engegar un conveni de col·laboració entre Espanya i Itàlia en matèria nuclear. Els contactes que va tenir amb el General Vigon que era cap de l'estat major de l'exercit li van permetre d'aconseguir els seus propòsits i així fou com es va iniciar una col·laboració entre ambdós països que va consistir en què Itàlia enviés geòlegs a Espanya a canvi d'acceptar becaris espanyols en el seu territori.

Al setembre del mateix any 1948, Franco va dictar un decret de caràcter reservat pel qual constituïa la Junta d'Investigacions Atòmiques (JIA), formada per José María Otero Navascués, Manuel Lora Tamayo, Armando Durán Miranda i José Ramon Sobredo Rioboo i per a donar cobertura legal i financera es va crear una empresa, Estudios y Patentes de Aleaciones Especiales (EPALE), al capdavant de la qual es va col·locar una figura de molt prestigi: Esteve Terradas. Tanmateix, Terradas no va ocupar el càrrec fins passat l'estiu de 1949 i per molt poc temps ja que va morir el maig de 1950.

La creació del JIA i d'EPALE el 1948 van donar pas a la primera de les etapes (1948-1951) que va estar marcada per tres objectius: 1) La formació de científics. 2) Els treballs de la mineria i la seva transformació. 3) Els inicis dels treballs per a obtenir un reactor.

A l'etapa inicial coneguda pel secretisme va seguir una altra de discreció. Així doncs, després de la mort de Terradas, la direcció va recaure en el general Vigón el qual va iniciar el seu mandat amb la creació de la Junta d'Energia Nuclear (JEN). En aquests anys és quan s'engeguen els grans projectes. Als ambiciosos objectius de la JEN li calien també unes instal·lacions apropiades. Per això, es va començar a estudiar la creació d'un gran centre de recerca a la Moncloa i la d'una planta de tractament d'urani a Andújar. S'encetava doncs la segona etapa 1951-1955 batejada com la de grans projectes. En el projecte del centre de recerca, els primers edificis del qual van començar a construir-se el 1954, es va poder comptar amb l'assessorament del científic alemany Karl Wirtz. La Fàbrica de Urani d'Andújar, l'altra de les instal·lacions d'aquest període, va començar les obres d'infraestructura el 1956. Aquesta segona etapa culmina amb una fita històrica que va canviar el panorama nuclear mundial: la I Conferència de Ginebra.

Aquest esdeveniment a més de servir per intercanviar informació entre països va permetre una major obertura, es varen poder valorar els diferents models de reactors, es va analitzar la qüestió del preu del kW nuclear, s'analitzaren els perills de la radiació i es va poder veure en directe un reactor experimental en una de les dues exposicions que van tenir-hi lloc.

Després de la Conferència de Ginebra s'inicià una nova etapa per a la JEN que hem batejat de «les realitzacions». La presidència d'aquest organisme va recaure en el general Hernández Vidal, primer, i en Otero Navascués, després. La major facilitat d'accés a la informació i l'acord bilateral entre Espanya i els Estats Units van obrir les portes a la compra d'un reactor tipus piscina i la definitiva consecució del Centre de Recerca Nuclear de Moncloa.

El 27 de novembre de 1958 fou inaugurat aquest Centre i també el reactor JEN-1, de tipus piscina moderat i refrigerat per aigua i amb grafit com a reflector, les parts estrictament nuclears del qual havien estat adquirides a la General Electric. La JEN s'havia ocupat dels elements de construcció convencionals, del muntatge i de la posada en marxa del reactor. L'any següent s'inaugurava la Fàbrica d'Urani d'Andújar.

Concloïa així una etapa fonamental del desenvolupament nuclear espanyol. Una etapa que s'havia basat en la posada en marxa d'un programa nacional encaminat a una completa nacionalització de la indústria. Un programa que es proposava aconseguir que el 90% de les centrals nuclears de potència fossin de fabricació nacional. Aquesta orientació política va mantenir-se fins el 1963 malgrat els canvis de l'economia que, en contra seu, va anar propiciant el Pla d'estabilització.

Les escoles d'enginyeria industrial espanyoles no podien restar al marge d'aquests canvis tecnològics i per això s'afanyaren a introduir les noves disciplines com l'enginyeria nuclear. Ara be com que el pla d'estudis vigent no ho permetia es buscaren vies alternatives.

Les tres escoles d'enginyeria industrial d'Espanya estaven regides per un mateix pla d'estudis que havia estat publicat el maig de 1948 i que modificava parcialment el que era vigent fins aleshores que datava del 1924. Era un pla rígid i uniforme que no permetia flexibilitat en quant als programes ni permetia la introducció de noves especialitats excepte les quatre ja establertes: Mecànica, Electricitat, Química i Tèxtil. Però, els nous avenços tecnològics i les seves aplicacions al món industrial requerien cada dia més una major adaptabilitat de les matèries i una formació més completa en determinades branques, així com la introducció de noves disciplines. Per aquestes raons, des de l'Escola d'enginyeria industrial de Barcelona s'assajaren alternatives que, sense contravenir les lleis, permetessin completar la formació dels futurs tècnics.

Així fou com es crearen les càtedres Esteve Terradas, Paulí Castells i Ferran Tallada. Aquesta darrera dedicada a l'enginyeria nuclear. D'aquesta manera va començar a introduir-se les vibracions, la mecànica de fils, l'automàtica, la cibernètica, les calculadores electròniques, la investigació operativa i l'enginyeria nuclear. El suport econòmic de la Cambra Oficial

d'Indústria canalitzat a través del Patronat de l'Escola va facilitar aquesta activitat i va permetre, fins i tot, la creació de nous laboratoris preparats per la formació en aquestes noves disciplines.

El tret de sortida de la docència de l'enginyeria nuclear i conseqüentment de la “Càtedra Especial Fernando Tallada de Ingeniería Nuclear” —com es deia aleshores— va ser la I Conferència Internacional de Ginebra. Així, tant bon punt el director de l'Escola d'Enginyers de Bilbao, José M. de Torrónategui, va tornar de la Conferència va fer unes declaracions a la revista *Metalurgia y Electricidad* (núm. 220, gener, 154-156) en les que afirmava que a partir del proper mes d'octubre es crearia a l'Escola que dirigia una càtedra de Física Nuclear. Pel que fa a l'Escola de Barcelona cal destacar les opinions expressades a la revista *Acero y Energía* per Joaquín Ortega Costa, el qual també havia tornat de Ginebra convençut que calia prendre mesures ràpides per preparar tècnics

Però aquest desig de formar ràpidament tècnics preparats venia produït per unes necessitats d'energia elèctrica que no estaven satisfetes, només cal recordar les restriccions elèctriques, i per unes perspectives d'increments de la demanda futura que difícilment podrien ser cobertes. La situació espanyola era més greu que la de la resta de països europeus, potser per això l'entusiasme era encara més gran..

Així doncs, el 25 d'octubre de 1955, amb el suport de la Cambra Oficial d'Indústria de Barcelona, L'Escola Especial d'Enginyers Industrials va crear la càtedra Ferran Tallada d'Enginyeria Nuclear amb els següents objectius:

- Organitzar cursos i conferències impartides per professors espanyols i estrangers.
- Publicar els textos de les lliçons i d'altres treballs realitzats.
- Fer treballs pràctics.
- Mantenir contactes amb la indústria per fer feines d'assaig i recerca.
- Crear laboratoris.

El moment era especialment propici ja que des de principi de 1955 la Direcció General d'Ensenyaments Tècnics estudiava la possibilitat de reformar el pla d'estudis de les carreres d'enginyeria per tal d'adaptar-les als temps moderns. Se n'havien adonat que els estudis d'enginyeria industrial eren massa llargs, ja que als dos ingressos previs calia afegir els sis cursos naturals de que constava la carrera, i a més, no recollien els avenços tecnològics més recents.

Com havia passat amb una altra càtedra especial creada uns mesos abans —la Càtedra Esteve Terradas— també la d'enginyeria nuclear va ser batejada amb el nom d'un enginyer de prestigi: Ferran Tallada Cumella.

Ferran Tallada (1881-1937) havia estat un estudiant d'enginyeria molt brillant que va concloure els seus estudis amb vint-i-un anys amb la qualificació d'excel·lent i cinc anys després aconseguia per oposició la càtedra de càlcul integral i mecànica racional de l'Escola de Barcelona. També va ocupar interinament la càtedra de física industrial i va compaginar aquestes classes amb unes altres d'electricitat industrial a l'Escola d'Arts i Oficis. Al 1912 fou escollit acadèmic de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona. El seu interès pels temes de la mecànica ondulatòria el van portar el 1932 a París on va estudiar a l'Institut Poincaré i va seguir diverses conferències de Louis de Broglie, de Haas de Leiden i de Bauer. El mateix 1932 va assistir a un curs sobre la introducció de la relativitat a la mecànica ondulatòria impartit pel propi Louis de Broglie i un altre per Eugene Bloch. Aquest brillant expedient es va veure truncat el 1933. Aleshores, Ferran Tallada es disposava a continuar la seva activitat científica en el terreny experimental incorporant-se al laboratori que Maurice de Broglie tenia a París. No obstant, una greu malaltia de ronyó va precipitar el seu retorn a Barcelona on encara va poder fer algunes conferències abans de morir el 1937 a l'edat de cinquanta sis anys.

La càtedra batejada amb el nom de Ferran Tallada va iniciar les seves classes al novembre de 1955 al mes següent de la seva inauguració. Els ensenyaments que va impartir es poden dividir en dues fases: La primera de només classes teòriques i la segona de classes teòriques i pràctiques.

La fase de classes teòriques (1955-1958) va començar amb un programa modest i amb només dos professors: Joaquin Ortega Costa, que es va ocupar de la teoria de reactors i Ramon Simon Arias que va encarregar-se de la introducció a l'enginyeria nuclear.

Joaquin Ortega Costa, era el més jove, havia nascut a Barcelona el 1914, era enginyer industrial, número u de la seva promoció i treballava com a funcionari la Delegació d'Indústria de Tarragona.

Ramon Simón Arias, en canvi era més gran, havia nascut també a Barcelona el 1903, era enginyer industrial i dirigia una Oficina Consultiva d'enginyeria química. Un any abans, el 1954, havia començat a donar classes, en qualitat de professor provisional de pràctiques, a la càtedra de Fisicoquímica i Termodinàmica de l'Escola d'Enginyers.

Al curs següent 1956-1957 es va incorporar un altre professor Antoni Cumella el qual va afegir al programa els continguts de radiologia i d'acceleració de partícules.

Antoni Cumella Pau (1900-1985) era el més gran dels tres havia nascut a Barcelona el 1900, i aleshores era professor d'electrometria. També treballava en el Laboratori General d'Assaigs i Anàlisis. Era acadèmic de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona des de 1944 i li havia estat concedida la medalla d'or del mèrit electrotècnic per l'Associació Electrotècnica Espanyola el 1955.

A partir de 1957, la càtedra Ferran Tallada va començar a rebre influències externes amb l'organització de tres cicles de conferències sobre informació nuclear, sobre tècniques de reactors i sobre isòtops respectivament a càrrec dels científics de la JEN, d'un equip dirigit per Thomas Reis i per Leon Jacques. La formació es va completar amb algunes conferències aïllades a càrrec de Jesús M. Tharrats, Charles Fert i Alberto Caso.

El 1958 ja hi havia al món occidental centrals que produïen electricitat com Calder Hall o Shippingport i creixia l'interès per aquesta font tot i l'elevat preu del kW d'origen nuclear. Es parlava de la dècada dels 1960 com el termini per a construir una central nuclear a Espanya. Mentre, d'una banda els científics i tècnics participaven a la II Conferència de Ginebra i, de l'altra, es divulgava les aplicacions pacífiques a través de l'Exposició Àtoms per a la Pau que, amb la col·laboració de l'Ambaixada americana, va recórrer les escoles d'enginyeria de Madrid, Bilbao i Barcelona.

La càtedra Ferran Tallada també va patrocinar algunes publicacions relacionades amb la seva activitat. Així doncs va encarregar la traducció de l'obra de Murray *Introducció a l'Enginyeria Nuclear*, que va ser utilitzada com a llibre de text, i va publicar a *Dyna* i a *Acero y Energía* algunes de les conferències impartides per professors estrangers, com les de Neal F. Lainsing i Daniel. Blanc. A més a més va recollir algunes de les conferències de Thomas Reis en un text titulat *Reactores Nucleares*.

La Cambra Oficial d'Indústria va jugar un paper decisiu en l'establiment d'aquesta nova especialitat motivada per l'interès de donar solució al problema de l'escassetat energètica. Les restriccions elèctriques afegides a l'increment de la demanda van mostrar als industrials que calia prendre mesures. Les intervencions que hi hagué al ple d'aquesta institució van posar de manifest el malestar produït per les esmentades restriccions. En un d'aquests plens hi va assistir el delegat d'indústria Mariano de las Peñas el qual va tractar de justificar la situació amb arguments de tipus climàtic com la famosa “*pertinaz sequía*” o de tipus religiós “*hacer votos para que se solucione el problema*”. Conseqüentment, la Cambra va decidir buscar una solució més pragmàtica i al 1957 va crear una comissió per estudiar la viabilitat de l'energia nuclear. Aquesta comissió es va constituir en dues ponències, una de caràcter tècnic i l'altre de tipus econòmic, les conclusions de les quals van ser presentades en el ple de la Cambra pel vice-president Francesc L. Rivière. Es resumien en què l'energia nuclear no era una solució a curt termini sinó més aviat una solució a vint anys vista. La dècada dels 1970 semblava el sostre en el qual les energies hidràuliques i tèrmiques no cobriren la demanda.

Ara bé per poder preparar el futur calia formar els enginyers en el present. Per això la Cambra va decidir invertir en la formació dels tècnics en enginyeria nuclear i aquesta decisió es

va concretar en tres línies: Finançament de la Càtedra Ferran Tallada amb una quantitat anual de 100.000 pta. des dels inicis. Concessió de beques específiques com la que va rebre José Javier Clua. I finançament íntegre d'un reactor nuclear de recerca per a l'Escola d'Enginyeria Industrial de Barcelona mitjançant l'aprovació d'un pressupost de 5 milions de pessetes.

La majoria dels reactors experimentals que hi havia al món aleshores eren d'urani enriquit i predominaven els que eren refrigerats per aigua. Els de tipus piscina i tipus tanc estaven entre els més preferits en els centres de recerca. De tota manera a l'hora de triar un model de reactor per a l'Escola d'Enginyeria Industrial de Barcelona van tenir-se en consideració un altre aspecte: que fos un reactor apropiat per a la docència. Així es va pensar en tres tipus diferents de reactors: Un reactor homogeni, un reactor de tipus piscina o un reactor Argonaut.

El reactor de tipus homogeni era similar al del State College of North Carolina. Es tractava del NCSCR-1 que havia estat el primer reactor propietat d'una universitat americana i gestionat per ella. Tenia una potència de 10 kW, utilitzava urani enriquit al 93%, era moderat i refrigerat per aigua i emprava grafit com a reflector. El NCSCR-1 havia esdevingut crític el 1954 i va ser tancat l'any següent. Una segona versió d'aquest model s'havia posat en marxa el 1957 i una altra dos anys més tard.

També es barallava la possibilitat d'un reactor piscina i es parlava del reactor PSR de la Pennsylvania State University, el qual feia servir urani enriquit i aigua i que havia esdevingut crític el 1955. Tenia una potència de 1MW i utilitzava urani enriquit al 90%. Com aquest se n'havia construït un altre a Garching (Alemanya) per l'Institut Tècnic de Munic el 1957 i estava en projecte fer-ne d'altres semblants a Itàlia, Grècia, Portugal, Israel i Iran.

El tercer tipus possible per a l'Escola de Barcelona era l'Argonaut. Aquest era especialment adient per la docència. El seu naixement cal situar-lo al voltant de 1955, quan la Atomic Energy Commission (AEC) americana va demanar al Laboratori Nacional Argonne que projectés i construís un reactor adequat per centres de recerca i per universitats. Pocs mesos després en crearen un d'aquestes característiques que va esdevenir crític a finals de 1956 i fou batejat amb el nom d'Argonaut I com un acrònim de *Argonne's Nuclear Assembly for University Training*. Ara bé, els reactors del State College of North Carolina permetien poques variacions en la geometria del seu nucli i el de la Pennsylvania State University tenia un cost d'instal·lació massa elevat. Els Argonaut, en canvi, resultaven ser més versàtils i més econòmics.

L'Argonaut semblava millor adaptat a la docència que els altres dos, era diferent al de la JEN, que era de tipus piscina, i presentava majors possibilitats d'assaig. Segurament la II Conferència de Ginebra va acabar d'ajudar a la presa de decisió ja que l'Argonaut III va ser

exposat i alguns dels que havien de influir en la decisió, com Joaquín Ortega Costa, van poder-lo veure en funcionament.

En un principi, però, es va pensar en adquirir un reactor d'aquests tipus i instal·lar-lo en els locals de l'Escola al carrer d'Urgell. Ortega Costa, en la memòria del curs 1957-1958 diu que es van demanar ofertes a la *American Machine & Foundry*, a la *American Standard S.A.* i a la *Daystrom Nuclear*.

No va ser fins el desembre de 1958 que no es va tornar a reunir la ponència de la Cambra Oficial d'indústria que estudiava l'adquisició del reactor. En aquesta reunió van acordar no acceptar cap de les ofertes, ja que la Junta d'Energia Nuclear havia decidit que el reactor havia de construir-se a Espanya i que no estava disposada a autoritzar-ne cap que fos adquirit o construït d'una altra manera. L'acta d'aquesta reunió dona compte que l'Escola de Bilbao havia establert un principi d'acord amb la JEN i que semblava que havia obtingut un ajut en divises americanes de 30.000 dòlars per a construir un reactor. Per això van prendre la decisió que Josep Capmany anés a Madrid per tal de fer gestions a la representació econòmica americana i per intentar estrènyer els llaços amb la JEN.

Sembla absolutament evident que la Cambra Oficial d'Indústria i l'Escola d'Enginyers estaven inicialment decidides a adquirir el reactor a l'estranger i instal·lar-lo en els locals del carrer Urgell. Ara bé, la successió de fets posteriors van dur a que es construís un reactor a Madrid i que s'instal·lés en un laboratori especialment pensat per aquesta finalitat i ubicat en l'edifici de la nova Escola d'Enginyers a Barcelona. Al nostre entendre el factor decisiu que va condicionar aquest canvi de decisió va ser l'oposició dràstica de la Junta d'Energia Nuclear a qualsevol reactor que no fos construït a Espanya.

El diari *La Prensa* del 17 de maig de 1962, un més abans de la inauguració del reactor, confirmava que les raons que havien portat als membres de la Cambra i de l'Escola a escollir l'oferta de la JEN havien estat unes altres diferents de l'eficàcia:

“La Escuela obtuvo ofertas muy ventajosas de firmas extranjeras para la construcción del mencionado reactor, ventajosas en cuanto a precios, plazos de entrega y garantía de funcionamiento, pero habiéndose ofrecido la Junta de Energía Nuclear a realizarlo y conocedora la Escuela de la alta competencia del equipo científico y técnico de la Junta, por patriotismo no dudó ni un momento en confiar el encargo a la mencionada Junta.”

No només el patriotisme hi havia al darrera sinó que la Junta era l'organisme encarregat de donar l'autorització a qualsevol instal·lació nuclear i havia fet saber a la Cambra que no pensava autoritzar cap reactor que no l'hagués construït ella. A més, l'adquisició d'un reactor a l'exterior

hagués comportat una quantitat de divises estrangeres impossibles d'aconseguir donada la situació d'Espanya en aquells anys.

La decisió de la JEN de construir el reactor íntegrament a Espanya era perfectament coherent amb la seva política de nacionalització de la indústria nuclear. Era l'oportunitat ideal per demostrar que s'estava en condicions de construir íntegrament un reactor. Però, per la Cambra i per l'Escola la solució més ràpida i més eficaç era adquirir-lo a l'estranger aprofitant, si era possible, el conveni bilateral entre Espanya i els Estats Units.

Totes aquestes raons van motivar el viatge de Josep Capmany a Madrid el desembre de 1958 per veure de desbloquejar la situació. Calia afanyar-se per evitar que l'Escola de Barcelona, eterna rival de la de Bilbao, es quedés endarrera. Des de Madrid, Capmany va escriure a Aragonés per a comunicar-li el resultat de les seves gestions. Havia visitat la *International Cooperation Administration*, organisme depenent de l'Ambaixada dels Estats Units que proporcionava fons d'ajuda, i havia tret unes conclusions poc satisfactòries. El resultat d'aquestes converses va servir per conèixer que els americans creien que només calia ajudar a que hi hagués un reactor nuclear per país i que, en el cas espanyol, l'ajut ja havia tingut lloc amb el que havien proporcionat pel reactor piscina de la JEN. A més, Capmany es va assabentar que la suposada ajuda americana al reactor de Bilbao no s'havia produït i tenia poques possibilitats de produir-se.

En aquesta conversa també va quedar clar que era gairebé impossible incloure la importació del reactor dins el paquet d'Ajuda Americana ja que aquesta estava lligada als acords subscrits amb el govern de Madrid que en concret es referien a maquinaria per a indústria pesada i a productes alimentaris. En conseqüència, només quedava el camí d'importació ordinària, camí encara més problemàtic ja que calia l'autorització, difícil d'aconseguir, del Ministeri de Comerç i el permís d'exportació del govern americà, també molt difícils.

“En suma, es una carrera de obstáculos la que se nos presenta y creo precisa reconsideraciones si cabe otro camino que el de entregarnos a la Junta de Energía Nuclear, concretando si efectivamente entra en sus planes el que exista en España varios reactores experimentales”.

No obstant, la reunió que fou definitiva perquè s'iniciessin els treballs del reactor i es desbloquegés la situació va ser la que van tenir a Madrid, Joaquin Ortega Costa i Ramon Simón Arias amb Carlos Sánchez del Rio, primer i amb Otero Navascués. Es va tractar d'una reunió molt preparada i que tenia un objectiu aparentment diferent del que es volia. Ortega i Simón van anar a Madrid a tractar sobre la determinació de les pràctiques que havien de fer en el curs que

impartien i si era necessari adquirir el material apropiat per a dur-les a terme. Però, finalment, van acabar parlant del reactor i acordant la seva realització.

Ortega Costa i Simón Arias van visitar la Junta d'Energia Nuclear el dilluns 14 de gener de 1959 i els va atendre Carlos Sánchez del Río qui els va mostrar totes les instal·lacions que hi havia a la Moncloa i van poder veure els aparells que aquesta institució fabricava i comercialitzava per si en volien adquirir-ne algun. També van tractar de l'estat de les relacions amb l'Escola de Bilbao pel que feia a la construcció del reactor, que segons els van explicar ja s'havien recollit diners per comprar els terrenys i construir els edificis. L'Escola de Bilbao cediria dos enginyers joves a la Junta i a mesura que el projecte es materialitzés anirien afegint el finançament necessari. La Junta s'ocuparia d'aconseguir els dòlars necessaris per a les importacions de l'urani i del grafit.

Tots tres van concloure que si s'havia de realitzar un reactor per l'Escola de Bilbao be és podria fer un altre per la de Barcelona sense que això comportés cap tipus de tasca complementaria. Però, Sánchez del Río no estava autoritzat a prendre una decisió d'aquest tipus i per això van esperar al dimecres per parlar directament amb Otero:

“El miércoles a las 11h. logramos ser recibidos por el Sr. Otero a quien ya se le había unido el Sr. Sánchez del Río y después de sopesar las ventajas e inconvenientes de nuestra proposición, acordó prestar análogo servicio al que realizaban para Bilbao, siempre que Barcelona nombrase dos ayudantes para tener a su disposición y un ingeniero delegado.”

Així fou com acordaren la construcció a la JEN d'un reactor de tipus Argonaut per a l'Escola de Barcelona.

Un cop desbloquejada la situació, els passos van accelerar-se considerablement. A l'abril de 1959 es va triar José Javier Clua com a l'enginyer delegat a la JEN i simultàniament la Cambra va aprovar la beca per finançar el seu salari.

L'Argonaut era un reactor que havia de tenir una potència màxima que no excedís dels 10 kW i que estava compost d'un nucli format per dos cilindres concèntrics d'alumini. A l'interior del cilindre més petit i a l'exterior del més gran hi havia grafit. En l'anell que quedava entre mig dels dos cilindres es situaven unes 24 falques de grafit que deixaven 24 espais lliures que eren ocupats per elements de combustible i per alguns blocs paral·lelepèdics de grafit. El combustible era U_3O_8 enriquit al 20% de ^{235}U .

Durant el funcionament el nucli del reactor estava en tot moment submergit en aigua. Aquesta i el grafit que hi havia entre els elements de combustible feien les funcions de moderador reduint part de l'energia dels neutrons ràpids i facilitant que la reacció en cadena es

mantingués. L'altre grafit actuava de reflector, es a dir retornava al nucli els neutrons que s'hi havien escapat i l'aigua feia, també, de refrigerant.

La construcció del reactor nuclear va comportar tot un seguit d'innovacions tecnològiques que afectaren a la mecanització del grafit, a la transformació de l'urani importat i a la fabricació dels elements combustibles.

De bon principi els membres de la JEN eren conscients que caldria importar el grafit de França o d'Alemanya però no sabien si importar-lo mecanitzat o realitzar aquesta operació en el propi país. Superats els primers problemes deguts a les dificultats d'importació, Clua, Simón i Álvarez del Buergo van dur a terme una visita a Alemanya per poder veure les plantes de la Siemens en aquell país. Aquest viatge va ajudar-los a decidir de comprar el grafit a Alemanya i mecanitzar-lo a la JEN.

La mecanització era una operació delicada ja que requeria unes màquines que la JEN no disposava i, primordialment, unes condicions gairebé de quiròfan per evitar la contaminació amb bor. S'explica que van haver de substituir el dentifrici d'alguns treballadors i el sabó que empraven per rentar la roba perquè contenien massa bor. La JEN, però, s'hi va arriscar i el resultat fou considerablement bo.

La importació de l'urani enriquit i la seva transformació posterior també van constituir una innovació tecnològica. Espanya disposava de jaciments d'urani però no tenia mitjans per poder enriquir-lo. Per això per la construcció del reactor va caldre importar-lo. L'urani podia ser importat com a òxid d'urani (U_3O_8) o com a hexafluorur d'urani (UF_6). Inicialment, al setembre de 1959, semblava més rendible llogar-lo als Estats Units com a òxid d'urani enriquit. En aquell moment a la Junta no tenien clar si serien capaços de realitzar la transformació de l'hexafluorur en òxid. Tanmateix, al febrer de 1960, superades les dificultats dels assaigs de transformació, en particular la soldadura de monel (aliatge de Ni, Co i Fe), la JEN va decidir de realitzar la transformació encara que no quedés prou evident que el resultat de la decisió fos econòmicament rendible sinó més aviat es tractava d'una elecció política.

Amb l'urani transformat a la JEN es va procedir a fabricar els elements de combustible. Es tractava de 17 plaques de 580 X 70 X 1,8 mm unides mitjançant un passador. Hi havia tres formes possibles de fabricació de les plaques: per colada i laminació, per emmarcació i per extrusió. De les tres formes es van realitzar proves de fabricació. En concret, l'extrusió, que era el mètode que s'emprava en els Argonauts americans van realitzar-se a Barcelona a l'empresa d'Andreu Ribera (Metales y Platerias Ribera). Però finalment per a la fabricació dels elements de combustible definitius es va escollir l'emmarcació. Un rigorós control amb radiografies de les plaques fabricades va permetre assegurar una correcta fabricació. (PW34)

A principi de 1959, quan es va decidir a Barcelona d'acceptar les condicions imposades per la JEN per la construcció del reactor Argonaut, semblava que l'Escola d'Enginyeria Industrial de Bilbao anava per davant en la realització del seu reactor. Però no era així. Havia estat realitzat un avantprojecte, però la decisió encara no havia estat presa ni s'havien resolt els problemes de finançament. Al final de l'any, el projecte del reactor de Bilbao restava aturat, mentre que el de Barcelona avançava en bon ritme.

Conscients d'aquesta situació, la direcció de l'Escola de Bilbao va enviar a la JEN a Francisco Albisu, un enginyer que s'havia format en el MIT dels Estats Units i que havia seguit el primer curs d'introducció sobre energia nuclear impartit a la JEN el 1956 i havia exercint al 1958 les mateixes funcions que feia Clua en avantprojecte del reactor per a Bilbao.

Al desembre de 1959, Albisu va anar a la JEN a explorar i temptejar la situació i recollir informació sobre el que allí s'estava fent respecte al reactor de Barcelona. No obstant, a Bilbao encara no havien pres la decisió sobre el reactor, ni tenien resolt els problemes de finançament:

“Pretenden del Ministerio de Educación que pague 1/3, y del Ministerio de Industria, a través de la JEN, y entregado en «especie» que pague otro 1/3, queda pues para el Patronato de Bilbao tan solo 1/3. El Sr. Suárez (Alejandro Suárez, sots-secretari d'Indústria) les ha prometido algo de eso.”

Així li explicava Clua al Director de l'Escola de Barcelona, Damià Aragonés. La situació es va perllongar fins a febrer de 1960. D'una banda, van haver-hi contactes entre Otero Navascués, que presidia la JEN, i Torrónategui, que dirigia l'Escola de Bilbao i de l'altra va tornar a haver una altra visita dels Srs. Albisu i Corrons per desbloquejar la situació. Clua, que exercia d'espectador d'aquestes negociacions li semblava que la JEN no tenia interès en fer un altre reactor Argonaut i que, en tot cas, el faria per obligació. A més, detectava un ambient d'antipatia entre Sánchez del Rio i els representants de l'Escola de Bilbao que produïa un seguit de retrets mutus.

El resultat de totes les converses va ser que es va acordar que a finals d'estiu de 1960 s'iniciarien les obres del reactor de Bilbao aprofitant l'experiència del que s'estava construint per Barcelona i garantint que aquest seria el primer. Ara bé respecte el finançament, Bilbao havia de cercar més recursos privats per seguir un tracte similar al de Barcelona que era pagat en la seva totalitat per la iniciativa privada.

Al setembre de 1960, les obres de tots dos reactors ja estaven en marxa i l'estat avançat del de Barcelona va fer plantejar-se quin hauria de ser el nom dels dos reactors. Havia diverses opcions. Una, era de posar-li un nom de persona i resultava inevitable que es pensés en Damià Aragonés. Afirmem això, tot fent cas del que uns anys després va escriure Sempronio al *Diario*

de Barcelona i que volia semblar la transcripció d'una conversa amb alguns professors de l'Escola d'Enginyers;

“Y ocurre algo curioso, demostrativo de que el azar hace bien las cosas.

—El reactor debería bautizarse con el nombre del señor Aragonés que es su auténtico padre— me sugiere un catedrático de la Escuela.

Ahora bien el padre, quiero decir el señor Aragonés, no lo consentiría. Sin embargo, el artefacto se llama «Argos» por ser del tipo «Argonaut»... De Argos a Aragonés, media solamente una breve diferencia de letras.”

Ni Aragonés hagués acceptat que el reactor portés el seu nom ni Sánchez del Rio considerava apropiat que dugués un nom de persona. Per això, a la JEN van pensar de buscar unes sigles o algun nom mitològic. La primera sigla que se'ls va ocórrer era la que recollia el tipus de reactor i el lloc on estava situat: *Argonaut. Reactor Escuela Ingenieros Barcelona, Bilbao*. Així van sorgir AREIBA i AREIBI. No obstant, van ser rebutjades perquè eren paraules que sonaven massa a la llengua basca.

Aleshores calia buscar el nom entre la darrera opció: un nom mitològic. No era massa difícil la recerca, només calia recórrer a l'aventura grega dels argonautas. Aquesta llegenda, anterior a l'Odissea relatava l'epopeia que havia viscut Jàson i quaranta cinc companys més en un vaixell que va construir Argos. Aquesta nau era la primera que travessava els mars a la recerca del velló d'or. L'aventura dels Argonautes va partir de Tessalia i va arribar a Còlquida, ciutat on residia el rei que posseïa el preuat velló. Després de dures proves Jàson aconseguí el que cercava i va tornar al seu país. En la seva aventura el van acompanyar dos germans bessons: Càstor i Polux.

En la tria del nom pel reactor calia descartar el de Jàson ja que era el nom d'un reactor similar a aquests que hi havia a Anglaterra. La proposta, en un principi va ser la dels germans bessons:

“De momento pues Cástor y Polux se llama en la JEN los dos Argonautas gemelos y todos esperan gozosos el momento del bautizo de Cástor por la Sra. o la Srta Aragonés.”

Clua proposava com a segona opció de posar-li Argos, que havia estat el constructor del vaixell dels argonautes, en el cas que l'Escola de Bilbao no acceptés la primera proposta. I, Argos va ser finalment el nom que se li va donar ja que a Bilbao van preferir de mantenir les sigles i anomenar-lo ARBI.

Al juliol de 1961 van tenir lloc les primers proves de criticitat del reactor Argos a Madrid en els locals de la JEN on havia estat construït. Tot seguit, es va continuar amb la construcció de l'altre reactor bessó l'ARBI per a l'escola de Bilbao.

No es va tornar a parlar més sobre quin havia de ser el reactor que s'inaugurés primer fins al 1962. Aleshores, les obres de construcció del nou edifici de l'Escola de Barcelona, els desacords sobre la manera d'efectuar el trasllat del reactor i sobre la col·locació del paviment, havien produït uns endarreriments considerables. L'Escola de Bilbao, en canvi, tenia les obres de l'edifici enllestides i pressionava a Otero Navascués perquè procedís a la instal·lació del reactor de Bilbao amb anterioritat al de Barcelona.

Clua i Aragonés veient que la situació era crítica i que perillava que el seu reactor fos el primer van escriure a Otero un llarg informe on donaven les raons per les quals consideraven que el reactor de Barcelona havia de ser el primer a ser inaugurat. Aquestes argumentacions es basaven en què la decisió de construir-lo havia estat anterior, que s'havien acceptat les condicions de pagament sense replicar, que s'havia col·laborat amb l'enviament de personal per la construcció i que totes les dificultats de fabricació havien estat resoltes amb el primer reactor que era el de Barcelona. En conseqüència, el reactor de Bilbao podia ser considerat com un duplicat del que s'havia construït per a Barcelona.

La resposta d'Otero va ser favorable a mantenir la primacia del reactor de Barcelona a canvi que la proposta de trasllat del reactor es fes seguint els criteris marcats per la JEN i va aprofitar l'avinentesa per fer un advertiment i fixar una data límit, el 15 de maig, passada la qual iniciaria els treballs del reactor de Bilbao encara que el de Barcelona no estigués instal·lat. (PW38)

Tot i iniciar-se les operacions de trasllat el mes de maig, el temps era molt escàs i els problemes econòmics de l'Escola de Barcelona eren bastant grans ja que no només estava construint un reactor sinó que aprofitant la construcció del reactor s'estava edificant una nova seu per a l'Escola a la zona universitària de la Diagonal.

Finalment, el 7 de maig de 1962 van sortir els camions des de Madrid que transportaven el reactor i s'iniciaren les obres d'instal·lació del reactor a Barcelona que finalment fou inaugurat l'11 de juny de 1962.

Quan va costar realment el reactor? No podem respondre amb certesa aquesta pregunta tot i que el recull dels pagaments efectuats a la JEN en concepte de construcció del reactor i les factures pagades per la Cambra indiquen que el reactor va costar 3,5 milions de pta.

I la resta fins als 5 milions? És possible que s'emprés per a la construcció de l'edifici de contenció. Tanmateix, al 1962 la JEN va reclamar a l'escola una factura de 1.225.713 pta. relatives a la transformació de l'urani i la Cambra va aprovar una ampliació del pressupost en un milió de pessetes més en un pressupost extraordinari. D'aquest incident José Javier Clua va adreçar una queixa al director de l'Escola on li proposava negar-se al pagament d'aquest cost i deixava clar que la transformació de l'urani havia estat una decisió política.

El reactor Argos va funcionar des del 16 de gener de 1963 en què va aconseguir l'autorització provisional. La seva activitat va ser principalment la docència ja que malgrat els intents d'Aragonés, primer, i de Clua després per aconseguir un finançament especial per a dur a terme la recerca, aquesta no va donar els fruits desitjats. La construcció de la central de Vandellós va canviar el panorama del reactor Argos i el va acabar per decantar decididament per a la docència i la formació dels tècnics de les futures centrals.

En els 13 anys d'existència sols va ser posat en marxa 477 dies. La fase de major funcionament va ser la corresponent als anys 1968-1975 en què es va establir una col·laboració amb Hifrensa. Al 1976 el reactor fou aturat per exigències de la nova llei nuclear. Al 1987 es va procedir a la clausura i el 1992 es va enviar l'urani a la Gran Bretanya i es va engegar un procés de descontaminació i desmantellament.

El reactor de la Diagonal de Barcelona, la casa del neutró, el blocus o el temple assiri, com la ploma de Sempronio va designar-lo aleshores des de les pàgines de La Vanguardia, té els dies comptats. Els projectes de reforma dels edificis universitaris han previst la seva total desaparició. Per això animem a tots aquells que vulguin veure el que queda d'aquesta important fita tecnològica —l'edifici de contenció— a que s'acostin a la cruïlla dels carrers de Pasqual Vila i de Pau Gargallo just al darrera de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial i al davant de l'actual Facultat de Física per poder-lo contemplar.

I per acabar, a tall de conclusió, podem afirmar que el coneixement de la història de la càtedra Ferran Tallada posa de manifest dos importants factors: En primer lloc, l'enorme preocupació del professorat de l'Escola per la introducció de les innovacions fins i tot en moments en què l'estructura docent no era gens favorable. I en segon, la implicació decisiva de la Cambra d'Indústria en el desenvolupament nuclear, cosa que va permetre engegar un procés de formació de tècnics a nivell similar a d'altres prestigiosos centres docents europeus, preparant el camí a les centrals nuclears de potència que s'havien de construir durant la dècada posterior